ACCADEMIA REALE DELLE SCIENZE DI TORINO
(ANNO 1903-904)

LE

OSCILLAZIONI INTERFERENZIALI

DELLA

PRESSIONE SANGUIGNA

NOTA

DEL SOCIO

ANGELO MOSSO

TORINO
CARLO CLAUSEN
Libraio della R. Accademia delle Scienze
1904

ACCADEMIA REALE DELLE SCIENZE DI TORINO
(Anno 1903-904)

LE OSCILLAZIONI INTERFERENZIALI DELLA PRESSIONE SANGUIGNA

NOTA

DEL SOCIO
ANGELO MOSSO

TORINO
CARLO CLAUSEN
Libraio della R. Accademia delle Scienze.
1904

Estr. dagli *Atti della R. Accademia delle Scienze di Torino*, Vol. XXXIX.
Adunanza del 28 Febbraio 1904.

Torino — Stabilimento Tipografico Vincenzo Bona.

Le interferenze fra i cambiamenti di volume del cuore e la respirazione artificiale.

Due onde che si propaghino nello stesso mezzo producono delle interferenze quando non abbiano la stessa lunghezza: è noto infatti per le onde sonore, che due suoni d'acutezza poco diversa producono coll'interferenza il fenomeno dei battimenti; cioè si rinforzano e si affievoliscono in intervalli di tempo eguali.

Se per esempio un suono fa cento oscillazioni al minuto secondo ed un altro ne fa solo novantanove, al principio di un secondo le onde sono quasi uguali, ma dopo mezzo secondo la prima origine sonora avrà compiuto mezza oscillazione più dell'altra e le due onde saranno in una fase opposta; ed alla fine del minuto secondo, l'orecchio riceverà nuovamente due moti concordi. A questo modo le onde dei due suoni si elidono e si rinforzano ad ogni secondo, ed il suono presenterà un battimento al secondo. Se la differenza delle onde è di due al secondo vi saranno due battimenti al secondo: così che ne risulta una legge molto semplice: il numero dei battimenti è uguale alla differenza dei numeri delle vibrazioni. Come per mezzo dell'interferenza due suoni possono dare il silenzio, così anche la luce aggiunta alla luce può produrre l'oscurità, come è noto nelle frangie per interferenza. Fenomeni simili si producono anche pei moti del cuore nelle interferenze col respiro, come lo dimostra la seguente esperienza.

Un cane del peso di 8500 gr. viene cloralizzato coll'iniezione di 3 gr. di cloralio nella cavità addominale; quando è insensibile si fa la tracheotomia e si preparano i due nervi vaghi: quindi si apre la cavità del torace tagliando lo sterno nella linea mediana e cauterizzando col termocauterio Paquelin, in modo da limitare l'emorragia. Si apre il pericardio e si lega una can-

nula che esce dal torace, dopo che questo fu chiuso per mezzo di una cucitura. La cannula, messa in comunicazione con un timpano a leva di Marey, scrive sul cilindro infumato di un motore Baltzar i cambiamenti di volume del cuore (fig. 1). Quando il cuore fa una sistole la penna scende e si alza nella diastole successiva. Per la respirazione artificiale adopero l'apparecchio ad aria compressa con aspirazione (1) messo in azione da un motore elettrico, il quale fa 180 inspirazioni al minuto. Tagliati i due nervi vaghi, il cuore fa 188 pulsazioni al minuto.

Nella fig. 1 in *A* si mette la cannula della trachea in comunicazione coll'apparecchio della respirazione artificiale e subito vediamo comparire tre grandi serie di pulsazioni crescenti e decrescenti. Tutti i tracciati vennero ridotti di circa un quarto della grandezza originale. La linea del tempo scritta sotto in minuti secondi indica che sono 8 ad ogni minuto, cifra che corrisponde alla differenza fra i moti del cuore e quelli della respirazione artificiale: sono cioè otto i battimenti, cioè otto volte le onde si rinforzano ed otto volte tendono ad elidersi.

Nel principio del tracciato 2 sospendo la respirazione artificiale e durante l'apnea il cuore fa circa 188 pulsazioni, in *B* torno a far comunicare la cannula tracheale coll'apparecchio della respirazione artificiale e ricompaiono le oscillazioni interferenziali. Il polso essendosi accelerato alquanto, anche i periodi sono divenuti un poco più corti e più brevi.

Amministrai un altro grammo di cloralio nell'addome.

L'apparecchio per far la respirazione avendo un cono di carrucole per mezzo del quale può ridursi la frequenza delle inspirazioni e farne un numero maggiore o minore, lo mettiamo sulla frequenza di 130 al minuto.

Le contrazioni del cuore, come si vede nel principio della fig. 3, essendo eguali a 160 al minuto, la differenza è 30. Infatti quando nel punto *C* si mette la trachea in comunicazione coll'apparecchio del respiro artificiale compaiono 32 interferenze al minuto.

---

(1) A. Mosso, *La ventilazione rapida dei polmoni per mezzo di un apparecchio che funziona con aria compressa e rarefatta*, " Rendic. della R. Acc. dei Lincei ", 21 febbraio 1904.

Nella fig. 4 sospendo un momento la respirazione e quando

Fig. 1. — Interferenze fra la respirazione artificiale e i cambiamenti di volume del cuore, scritti in un cane cloralizzato colla fistola del pericardio per mezzo di un timpano a leva. Il cuore fa 186 contrazioni; il respiro 180 inspirazioni. Il tempo è segnato in secondi. In *A* comincia la respirazione artificiale.
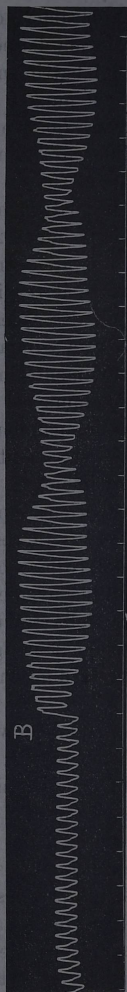
Fig. 2. — Continuazione del tracciato precedente. Fino in *B* sono scritte solo le pulsazioni del cuore che hanno la frequenza di 188 al minuto. In *B* comincia la respirazione artificiale, colla frequenza di 180 al minuto.

in *D* torna a farsi il respiro artificiale, sono nuovamente 32 le interferenze al minuto.

In queste esperienze dobbiamo tener conto dell'apnea che modifica i battiti cardiaci accelerandoli, mentre il cloralio li rallenta; per ciò la forma dei periodi non può mantenersi costante.

Il numero dei battimenti dipende nei suoni, come ho detto, dalla differenza dei numeri delle vibrazioni; se cambiamo la differenza della respirazione e da 130 la portiamo a 180, come era prima, la differenza rimane sempre di 30 e il numero dei periodi sarà uguale. Questo lo vediamo nella fig. 5, dove il cuore fa 160 contrazioni; ritornando alla frequenza primitiva di 180 respirazioni abbiamo circa 20 periodi al minuto.

Guardando i punti segnati colle lettere *ABCD*, dove comincia a funzionare il respiro artificiale, si vede che subito la curva divenne più alta. Questo dipende da ciò che nel pericardio vi era un po' di aria e quando comincia la respirazione artificiale, oltre ai movimenti impressi al timpano registratore dai cambiamenti di volume del cuore, si aggiungono quelli prodotti dall'insufflazione dei polmoni. La differenza delle due pulsazioni vicine ci fa conoscere quanto sia grande l'elevazione dovuta alla distensione dei polmoni.

In queste esperienze, per ottenere dei tracciati regolari, erasi diminuita l'attività respiratoria per mezzo del cloralio e la sospensione del respiro ottenevasi completa durante l'apnea: eliminando però l'inconveniente dei moti toracici non poteva evitarsi l'incostanza della frequenza dei battiti cardiaci, e i mutamenti della pressione sanguigna che succedono sempre nell'apnea. Questo ci spiega le differenze che osserviamo nella durata dei periodi.

Può capitare qualche volta che i numeri delle respirazioni e delle sistoli siano eguali: in questo caso non vi sono battimenti, o periodi, ma tale sincronismo dura poco e subito compaiono (nella serie prima eguale in altezza dei cambiamenti di volume del cuore) delle variazioni periodiche, come quelle scritte nelle figure 1 e 2; solo che le serie sono più lunghe e nel minuto vedemmo prodursi talora uno, o due battimenti.

Feci altre esperienze tagliando il midollo allungato, i risultati che ottenni sono identici ai precedenti, nei quali l'immobilità del respiro era ottenuta per mezzo dell'apnea.

Un cane del peso di 8500 gr. viene cloralizzato; quando è insensibile si prepara la trachea e la membrana atlantoccipitale

col termocauterio Paquelin. Si apre la cavità del torace tagliando lo sterno sulla linea mediana, e aperto pure il pericardio, si fissa
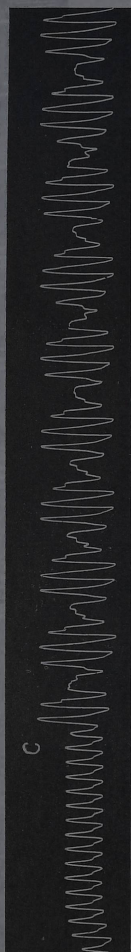
Fig. 3. — Continuazione del tracciato precedente. Dopo aver scritto un pezzo di tracciato dei movimenti cardiaci, in *C* si fa la respirazione artificiale, cambiando la frequenza che da 180 inspirazioni viene portata a 130 al minuto.
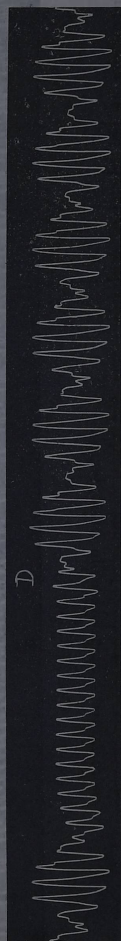
Fig. 4. — Continuazione del tracciato precedente. Dopo aver sospeso per un momento la respirazione artificiale, in *D* essa riprende colla medesima frequenza di 130 al minuto.

una cannula per scrivere i cambiamenti di volume del cuore per mezzo di un timpano a leva. Chiusa la cavità del torace,

si taglia il midollo allungato e comincia il tracciato 6. La fre-

Fig. 5. — Continuazione del tracciato precedente. Frequenza delle inspirazioni artificiali 180 al minuto; il cuore fa 160 contrazioni nello stesso tempo.
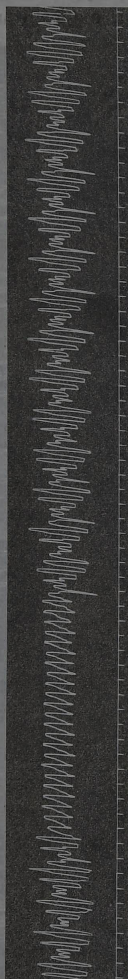
Fig. 6. — Cane al quale venne distrutto il midollo allungato. Frequenza del respiro 118 al minuto. Cambiamenti di volume del cuore scritto colla fistola del pericardio per mezzo di un timpano registratore.
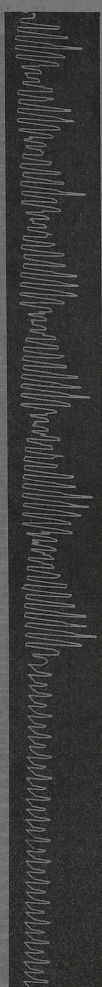
Fig. 7. — Continuazione del tracciato precedente, nel quale la frequenza del respiro artificiale è solo 94 al minuto.

quenza del respiro è 118 al minuto, il cuore fa 90 pulsazioni al minuto, la differenza è 28, il numero dei perio li è 24 circa.

Cambiamo la frequenza del respiro e la riduciamo a 94 al minuto: i periodi si allungano e sono solo 8 al minuto; il polso si è rallentato alquanto ed è solo 88, il che va d'accordo colla frequenza dei periodi che osservansi nel tracciato 7.

Sappiamo che qui sono due onde che si elidono o si sommano; nei precedenti tracciati abbiamo veduto nei punti *ABCD* come si elevasse la pulsazione del cuore quando alla curva del cambiamento di volume si aggiungeva la compressione dell'aria
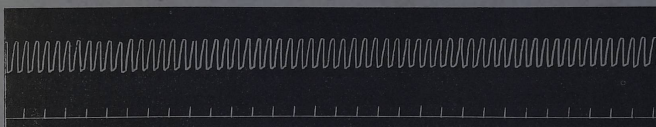
Fig. 8. — Tracciato della respirazione artificiale scritto colla fistola del pericardo sull'animale che diede i tracciati 6 e 7, subito dopo che il cuore aveva cessato di battere.

contenuta nel pericardio. Per conoscere quali fossero i mutamenti che produceva da solo il soffietto aspettai che l'animale fosse morto e dopo scrissi il tracciato 8, dove notiamo che le due curve sono poco diverse fra loro in altezza. Questa figura fu riprodotta in grandezza naturale, mentre le precedenti sono ridotte di un quarto: nel raffronto bisogna tener calcolo di questa differenza.

Oscillazioni interferenziali della pressione sanguigna.

Fu studiando i mutamenti della pressione sanguigna nell'apnea che osservai per la prima volta delle oscillazioni le quali non si potevano spiegare per mezzo di un mutamento periodico nella innervazione dei vasi sanguigni che modificasse la pressione nell'aorta, oppure nei vasi del polmone, in modo da cambiare l'afflusso del sangue al cuore sinistro. Nè potevasi attribuire queste variazioni ad un mutamento di tonicità del muscolo cardiaco, nè all'azione dei moti respiratorii, perchè per effetto dell' apnea, o del curare, erano immobili i muscoli del torace e del diaframma. La fig. 7 che riprodussi in una precedente

Memoria (1) e la curva che pubblico in questa Nota colla fig. 12 possono considerarsi come le prime esperienze che chiamarono l'attenzione mia sulle oscillazioni per interferenza. Nella fig. 12 vediamo che rimanendo costante la frequenza della respirazione artificiale, si allungano successivamente le oscillazioni della pressione sanguigna quanto più diventa rapido il battito del cuore.

Le esperienze che ho esposte fin qui furono fatte per controllare quanto osservai nell'apnea studiando la pressione sanguigna. Essendo esse riuscite più evidenti, ho preferito pubblicarle prima, per modo che servano come di introduzione alle ricerche seguenti, che sono più complesse e più difficili.

Il prof. Hering e Sigmund Mayer, come dirò fra poco, avevano già veduto le oscillazioni per interferenza, ma non si erano fermati ad analizzare questo fenomeno con dei tracciati esatti. In un recente scritto pubblicato dal dott. P. Morawitz (2) viene ammessa l'esistenza delle oscillazioni per interferenza: ma l'interpretazione che ne fu data è diversa e queste oscillazioni non vennero considerate come un fenomeno puramente meccanico.

Spero che i miei tracciati mettano meglio in evidenza queste oscillazioni interferenziali, eliminando ogni complicanza che dia luogo a contestazioni.

L'eleganza dei tracciati già riprodotti non si può ottenere nei tracciati della pressione sanguigna, perchè qui sono più complesse le condizioni dell'esperienza; credo ciò nulla meno d'esser riuscito a fissare definitivamente la natura e i caratteri delle oscillazioni che si producono per mezzo delle interferenze fra i movimenti del cuore e quelli del respiro: ciò sarà tanto più utile perchè il dott. Morawitz non ammette che le oscillazioni descritte da Hering e Sigmund Mayer abbiano una origine periferica ed egli sarebbe inclinato ad attribuire un'origine centrale a queste onde.

I tracciati che pubblicai colle precedenti figure e le esperienze che ora riferisco credo escludano ogni dubbio che alle oscillazioni già note della pressione sanguigna, debbasi aggiun-

---

(1) A. Mosso, *La ventilazione rapida dei polmoni, ecc.*, " Rendic. della R. Accad. dei Lincei ", 21 febbraio 1904.

(2) P. Morawitz, *Zur Differenzirung rhythmischer Blutdruckschwankungen*, " Arch. f. Physiol. ", 1903, pag. 82.

gere una nuova specie; quella delle *oscillazioni interferenziali,* dovute ad azioni periferiche e di natura meccanica.

L'esperienza rappresentata nelle figure 9 e 10 venne fatta su di un cane del peso di 8 chilog., al quale eransi iniettati successivamente 3 gr. di cloralio nella vena giugulare e si erano tagliati i due nervi vaghi al collo. La pressione del sangue scrivevasi per mezzo di un manometro a mercurio messo nella carotide sinistra. La respirazione artificiale facevasi coll'apparecchio ad aria compressa e rarefatta; la velocità di rotazione del quale dava una frequenza di 100 respirazioni. La pressione era uguale a 140 mm. nel principio del tracciato 9; il tempo è scritto ogni secondo, nella linea sottostante: per economia di spazio non riferisco l'ascissa della pressione, essendo facile calcolarla anche pei tracciati successivi 10 ed 11, che sono la continuazione del tracciato 9.

Quando in α comincia la respirazione artificiale colla frequenza di 100 inspirazioni al minuto vediamo prodursi una diminuzione progressiva della pressione sanguigna, che scende fino a 50 mm. e compaiono dei periodi. Contando nella fig. 9 e nella 10 vediamo che la frequenza dei periodi è circa 60 al minuto. La frequenza del respiro essendo di circa 100 e quella dei battiti cardiaci di 160 in media, il numero dei periodi corrisponde alle interferenze.

La natura meccanica di queste oscillazioni, oltre che dalla coincidenza del ritmo, appare evidente per altri caratteri, e prima di tutto dal loro numero, il quale è troppo grande perchè possa attribuirsi ad un riflesso, o ad un movimento vasale. Nessun riflesso per un'azione vasomotoria si ripete colla frequenza di 60 periodi al minuto. Solo il respiro potrebbe avere questa frequenza, ma l'osservazione diretta ci assicura che non esiste questa causa meccanica ed il taglio dei vaghi lo rendeva impossibile. Perciò non resta che riconoscerne l'origine periferica e meccanica dovuta alle interferenze fra i moti del respiro e del cuore.

Nella fig. 10 continuano inalterate le oscillazioni interferenziali. Appena cessa il respiro artificiale in ω scompaiono immediatamente le oscillazioni interferenziali. Nel tracciato 10 vediamo pure che quando in ω cessa la respirazione artificiale cresce subito la pressione sanguigna e che l'apnea è completa.

Alla fine del tracciato 10 mancano 40 secondi prima che
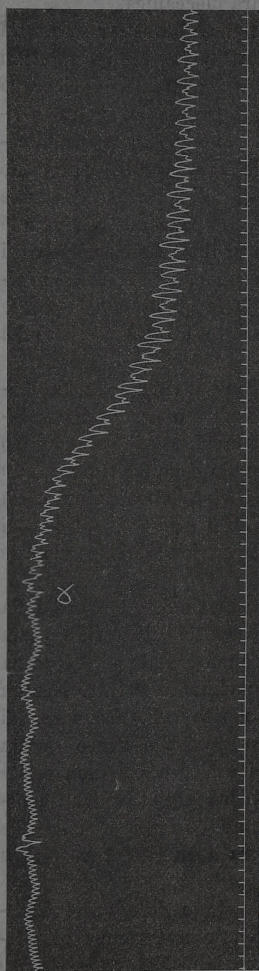
Fig. 9. — Pressione sanguigna scritta col manometro e mercurio nella carotide di un cane. In α comincia la respirazione artificiale co.la frequenza di 100 respirazioni al minuto: il polso è di 160 al minuto: le oscillazioni fra interferenza sono 60 al minuto.
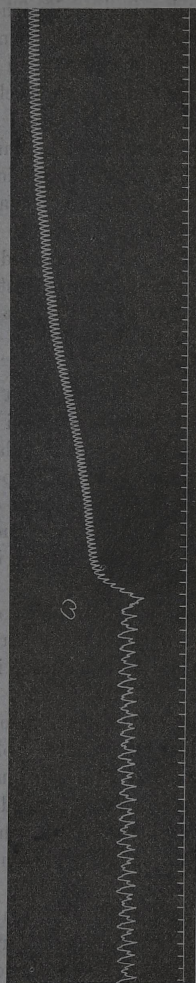
Fig. 10. — Nella prima parte fino in ω, continuando la respirazione artificiale, vi sono le oscillazioni interferenziali; dopo cessata la respirazione artificiale scompaiono e cresce la pressione sanguigna.

cominci il tracciato 11. Sono dunque circa 2 minuti che rimane

sospeso il respiro, perchè solo in *A*, fig. 11, compare il primo movimento respiratorio spontaneo. In α ricomincia la respirazione artificiale, questa volta l'effetto sulla pressione è minore che nell'esperienza precedente.

La frequenza del polso, contando alla fine dei periodi, è alquanto aumentata e corrisponde a 192 al minuto; il numero delle respirazioni essendo 210 al minuto, la differenza del ritmo è 18, che corrisponde al numero delle osservazioni interferenziali che osservansi fra α ed ω.

Quando in ω cessa la respirazione artificiale subito scompaiono le oscillazioni e comincia l'apnea, mentre la pressione sanguigna va gradatamente aumentando.

Se per una causa qualunque la frequenza del cuore non è costante e va crescendo o diminuendo, osservansi nei periodi le variazioni corrispondenti.

Ad un cane del peso di 8 chilog., al quale iniettammo nella cavità addominale grammi 2,5 di una soluzione di cloralio 1:2, facciamo la tracheotomia, e scoperta la carotide, si mette in comunicazione con un manometro a mercurio. La fig. 12 rappresenta il tracciato della pressione scritto dopo mezzo minuto che funziona la respirazione artificiale, la quale fa 104 respirazioni al minuto. La curva sale con delle oscillazioni che diventano sempre più lunghe. Nel principio del tracciato la frequenza del polso è di 90 al minuto, la frequenza del respiro essendo di 104, i periodi sono circa 28 al minuto, essi sono composti di circa 3 pulsazioni ciascuno.

Il cuore presentando un acceleramento dei suoi battiti, i periodi diventano sempre più lunghi, perchè diminuisce la differenza fra i due ritmi.

Alla fine della figura sono 110 battiti del cuore e 104 respirazioni e noi vediamo crescere in modo corrispondente la lunghezza dei periodi, che sono solo 8 al minuto.

Queste esperienze non sono facili, e col soffietto ordinario si ottengono dei tracciati meno evidenti che non coll'apparecchio per la respirazione artificiale con aria compressa ed aspirazione coll'aria rarefatta. Anche con questo metodo si trovano spessissimo delle difficoltà, perchè bisogna che il colpo dell'aria compressa sia rapido, per dare un flutto abbondante di sangue al ventricolo sinistro, e subito dopo deve cessare la pressione po-

sitiva nei polmoni e dar luogo colla pressione negativa al riem-
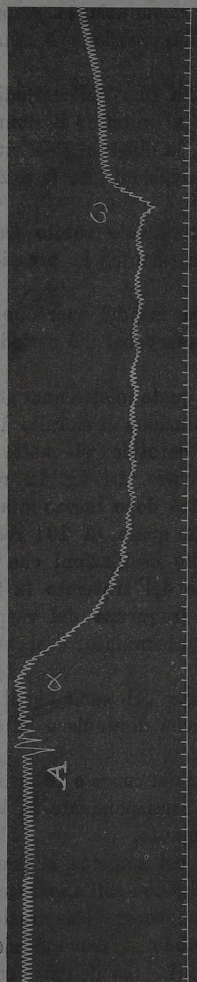
Fig. 11. — Continuazione del tracciato precedente. È cambiata la frequenza della respirazione artificiale che da 100 è portata a 210 al minuto. La frequenza del polso è cresciuta a 192. Vi sono 18 oscillazioni interferenziali.

Fig. 12. — Oscillazioni interferenziali scritte durante l'apnea in un cane cloralizzato, mentre va crescendo la frequenza dei battiti cardiaci da 90 a 110. La respirazione artificiale ha la frequenza di 104 al minuto.

pimento dei vasi polmonari. Questa influenza del modo col quale

viene fatta la respirazione artificiale appare evidente nel seguente tracciato 13.

È un cane del peso di 12 chilog., al quale fu distrutto il midollo allungato; la frequenza del polso è 130 al minuto, come si vede nel tracciato della pressione sanguigna scritta col manometro a mercurio (fig. 13) (1). Si fa la respirazione artificiale colla frequenza di 150 al minuto. Il numero dei periodi corrisponde a circa 20 per minuto, ma sono poco forti le oscillazioni. In *A* si apre di più il robinetto dell'aria compressa e subito le oscillazioni interferenziali diventano più evidenti e più alte, conservando il medesimo ritmo di 20; per effetto del taglio fatto al midollo allungato e per la respirazione artificiale la pressione sanguigna va continuamente abbassandosi ed in *A* segna solo 80 mm.
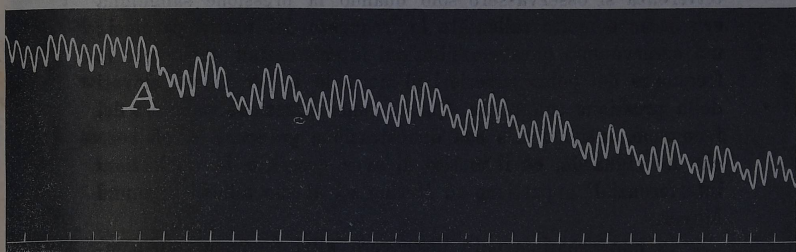
Fig. 13. — Cane con distruzione del midollo allungato. Pressione sanguigna scritta col manometro a mercurio nella carotide. Frequenza del polso 130, del respiro artificiale 150. Le oscillazioni interferenziali sono 20 al minuto.

Hering, Sigmund Mayer e Morawitz ammisero tutti tre che vi sono delle onde nella pressione sanguigna le quali dipendono dal ritmo della respirazione artificiale e che si producono per interferenza; ma tanto nella memoria di Morawitz, quanto in quella precedente di Sigmund Mayer, cerchiamo invano i tracciati che mostrino la verità di questa affermazione. Tale mancanza non si spiega nella memoria di Sigmund Mayer (2), che è

(1) A differenza dei tracciati precedenti che furono ridotti di un quarto, la fig. 13 venne riprodotta in grandezza naturale.

(2) Sigmund Mayer, *Studien zur Physiologie des Herzens und der Blutgefässe*, " Sitzungsberichte der k. Akad. d. W. Wien ", LXXIV, 1876, p. 302.

ricca di molte curve, le quali riempiono quattro grandi tavole. Questo però non toglie che il nome di oscillazioni per interferenza si trovi per la prima volta in questa memoria, insieme ad una descrizione che non lascia nulla a desiderare per la sua chiarezza e che è mio dovere citare:

" Queste oscillazioni periodiche della pressione sono prodotte dall'interferenza dell'onda che si produce ad ogni sistole cardiaca, coll'onda che si produce nella pressione sanguigna per mezzo della influenza meccanica dell'insufflazione dell'aria.

" Queste oscillazioni possono solo comparire quando il numero dei battiti cardiaci coincide presso a poco nella unità di tempo a quello delle insufflazioni di aria ".

Sigmund Mayer ammetteva che queste oscillazioni per interferenza si osservassero solo quando la pressione sanguigna era bassa e molto rallentata la frequenza dei battiti cardiaci; noi osservammo queste oscillazioni interferenziali anche per le frequenze del polso superiori al normale e per valori elevati della pressione sanguigna. Questa generalizzazione maggiore del fenomeno, insieme alla sua dimostrazione grafica, è la sola cosa che mi riguarda, ed il merito di aver descritto le oscillazioni interferenziali appartiene ad Hering ed al suo allievo Sigmund Mayer.

In una prossima nota descriverò altri fenomeni più complessi che appaiono nella pressione sanguigna durante l'apnea.